

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

IN RE APPLICATION OF: Hajime SUHARA

GAU:

SERIAL NO: New Application

EXAMINER:

FILED: Herewith

FOR: SEMICONDUCTOR LIGHT RECEIVING DEVICE AND METHOD OF FABRICATING THE SAME

REQUEST FOR PRIORITY

COMMISSIONER FOR PATENTS
ALEXANDRIA, VIRGINIA 22313

SIR:

- ☐ Full benefit of the filing date of U.S. Application Serial Number , filed , is claimed pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §120.
- ☐ Full benefit of the filing date(s) of U.S. Provisional Application(s) is claimed pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §119(e): Application No. Date Filed
- ☒ Applicants claim any right to priority from any earlier filed applications to which they may be entitled pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §119, as noted below.

In the matter of the above-identified application for patent, notice is hereby given that the applicants claim as priority:

<u>COUNTRY</u>	<u>APPLICATION NUMBER</u>	<u>MONTH/DAY/YEAR</u>
Japan	2003-110251	April 15, 2003

Certified copies of the corresponding Convention Application(s)

- ☒ are submitted herewith
- ☐ will be submitted prior to payment of the Final Fee
- ☐ were filed in prior application Serial No. filed
- ☐ were submitted to the International Bureau in PCT Application Number
Receipt of the certified copies by the International Bureau in a timely manner under PCT Rule 17.1(a) has been acknowledged as evidenced by the attached PCT/IB/304.
- ☐ (A) Application Serial No.(s) were filed in prior application Serial No. filed ; and
- ☐ (B) Application Serial No.(s)
☐ are submitted herewith
☐ will be submitted prior to payment of the Final Fee

Respectfully Submitted,

OBLON, SPIVAK, McCLELLAND,
MAIER & NEUSTADT, P.C.



Marvin J. Spivak

Registration No. 24,913

C. Irvin McClelland
Registration Number 21,124

Customer Number

22850

Tel. (703) 413-3000
Fax. (703) 413-2220
(OSMMN 05/03)

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 3 年 4 月 1 5 日
Date of Application:

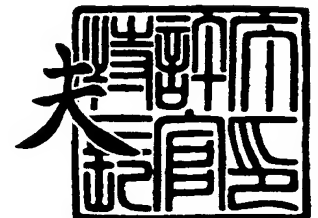
出 願 番 号 特 願 2 0 0 3 - 1 1 0 2 5 1
Application Number:
[ST. 10/C] : [J P 2 0 0 3 - 1 1 0 2 5 1]

出 願 人 株式会社東芝
Applicant(s):

2 0 0 4 年 3 月 2 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



出証番号 出証特 2 0 0 4 - 3 0 1 5 6 3 4

【書類名】 特許願

【整理番号】 ADB0270041

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01L 31/10

【発明の名称】 半導体受光装置及びその製造方法

【請求項の数】 11

【発明者】

 【住所又は居所】 神奈川県川崎市幸区小向東芝町 1 番地 株式会社東芝
 マイクロエレクトロニクスセンター内

 【氏名】 須原 基

【特許出願人】

 【識別番号】 000003078

 【氏名又は名称】 株式会社 東芝

【代理人】

 【識別番号】 100083161

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 外川 英明

 【電話番号】 (03)3457-2512

【手数料の表示】

 【予納台帳番号】 010261

 【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

 【物件名】 明細書 1

 【物件名】 図面 1

 【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 半導体受光装置及びその製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 半導体基板の主面に選択的に形成され、且つ第 1 の波長帯の光とそれより短波長の第 2 の波長帯の光とを吸収する第 1 導電型の光吸収層と、前記光吸収層表面に積層形成され、且つ前記第 1 の波長帯の光を透過し、前記第 2 の波長帯の光を吸収する第 1 導電型のキャップ層と、前記キャップ層に選択的に形成された第 2 導電型の拡散層と、前記半導体基板の主面に前記キャップ層及び前記光吸収層と隣接して並設され、表面が凸形状の曲率を有し、且つ前記第 2 の波長帯の光を透過し、前記光吸収層に集光させる集光層と、を有して、前記拡散層を透過した前記第 1 の波長帯の光と前記集光層を透過した前記第 2 の波長帯の光とを前記光吸収層に導入することを特徴とする半導体受光装置。

【請求項 2】 前記拡散層は、前記光吸収層に達していることを特徴とする請求項 1 に記載の半導体受光装置。

【請求項 3】 前記キャップ層は InP 層、前記光吸収層は InGaAs 層であることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の半導体受光装置。

【請求項 4】 前記集光層の組成は、Al、Ga 及び In からなる 3 族元素と、As 及び P からなる 5 族元素とを組合せた $\text{Al}_x\text{Ga}_y\text{In}_{1-x-y}\text{As}_z\text{P}_{1-z}$ ($0 \leq x, y, x+y, z \leq 1$) と表される化合物であることを特徴とする請求項 1 乃至 3 いずれか 1 項に記載の半導体受光装置。

【請求項 5】 前記半導体基板と前記集光層との間に、前記半導体基板と前記集光層の格子定数の中間の格子定数を有する中間層を設けたことを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項に記載の半導体受光装置。

【請求項 6】 前記集光層は、前記半導体基板側で接する第 1 領域における格子定数とそれ以外の第 2 領域における格子定数が異なり、且つ前記第 1 領域における格子定数は、前記第 2 領域の格子定数と前記半導体基板の格子定数の間の格子定数であることを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項に記載の半導体受光

装置。

【請求項 7】 半導体基板の主面に第1の波長帯の光及びそれより短波長の第2の波長帯の光を吸収する第1導電型の光吸収層と前記第1の波長帯の光に透明な第1導電型のキャップ層とをこの順序で選択的に積層形成する工程と、前記半導体基板の主面に前記光吸収層及び前記キャップ層の側面と隣接して並設され、前記第2の波長帯の光に透明な半導体層を形成する工程と、前記キャップ層に選択的に第2導電型の不純物を導入して第2導電型の拡散層を形成する工程と、前記拡散層表面に第1の反射防止膜を形成する工程と、前記拡散層に接続する第1の電極を形成し、前記半導体基板の主面と対向する面に第2の電極を形成する工程と、前記半導体層表面を凸形状の曲率を有する曲面に形成して、前記第2の波長帯の光を前記光吸収層に集光させる集光層を形成する工程と、前記集光層表面に第2の反射防止膜を形成する工程と、を有することを特徴とする半導体受光装置の製造方法。

【請求項 8】 前記光吸収層はn型InGaAs層、前記キャップ層はn型InP層であることを特徴とする請求項7に記載の半導体受光装置の製造方法。

【請求項 9】 前記集光層の組成は、Al、Ga及びInからなる3族元素と、As及びPからなる5族元素とを組合せた $Al_xGa_yIn_{1-x-y}As_zP_{1-z}$ ($0 \leq x, y, x+y, z \leq 1$) と表される化合物であることを特徴とする請求項7または8に記載の半導体受光装置の製造方法。

【請求項 10】 前記集光層となる前記半導体層は、前記半導体基板と前記集光層のそれらの格子定数の中間の格子定数を有する中間層を介して設けられることを特徴とする請求項7乃至9のいずれか1項に記載の半導体受光装置の製造方法。

【請求項 11】 前記集光層は、前記半導体基板側と接する第1領域における格子定数がそれ以外の第2領域における格子定数に比べて、前記半導体基板の格子定数に近い格子定数を持つように形成されることを特徴とする請求項7乃至10のいずれか1項に記載の半導体受光装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】**【0001】****【発明の属する技術分野】**

本発明は、光ファイバ通信に用いられる半導体受光装置及びその製造方法に関し、特に長波長帯及び短波長帯で効率よく受光できる半導体受光装置及びその製造方法に関する。

【0002】**【従来の技術】**

光ファイバ通信（以下、単に光通信）に用いられる半導体受光装置は、光ファイバを通して送信されてきた光信号を電気信号に変換する装置である。幹線系等の長距離伝送においては、現在、 $1.55\mu\text{m}$ 帯、及び $1.3\mu\text{m}$ 帯のいわゆる長波長帯が利用され、半導体受光装置には、例えば、 InGaAs/InP 系の材料が使用されている。

【0003】

ここで、 $1\mu\text{m}$ 帯（ 1.3 、 $1.55\mu\text{m}$ 帯等）を長波長帯、 $0.8\mu\text{m}$ 帯（ $0.8\sim 0.9\mu\text{m}$ ）を短波長帯と大別する光通信分野での区分法にほぼ準じ、便宜的に約 $0.9\mu\text{m}$ を境にして長波長側を長波長帯、短波長側を短波長帯と区別する。

【0004】

この InGaAs/InP 系の半導体受光装置は、従来、一般に、図5に示すような構造になっている。例えば、 InGaAs/InP 系の半導体受光装置101は、 n 型 InP 基板111の上面に n 型 InP バッファ層112、低キャリア濃度の n 型 InGaAs 光吸収層113、及び n 型 InP キャップ層114が順次積層形成されている。そして、この n 型 InP キャップ層114の受光部となる領域に Zn 等の p 型ドーパントを選択的に拡散することにより p 型領域115が形成されている。また、 n 型 InP キャップ層114上面に SiN 等からなる保護膜116が形成され、 p 型領域115上面に SiN 等からなる反射防止膜118が形成され、 p 型領域115の上面周辺部に、リング状の p 側電極119が形成され、更に、 n 型 InP 基板111の下面には、 n 側電極120が形成さ

れている。

【0005】

そして、この半導体受光装置 101 においては、n 型 InGaAs 光吸収層 113 と p 型領域 115 との pn 接合に逆バイアス電圧が印加されたとき、入射した光信号は、n 型 InGaAs 光吸収層 113 に形成される空乏領域で吸収されて、電子とホールに分離され、電界によりドリフトして光電流として検出されることが知られている。

【0006】

また、この半導体受光装置 101 は、n 型 InGaAs 光吸収層 113 で発生した少数キャリアが表面再結合の影響を受けて、光電流に寄与する割合が減ることを防ぐために、n 型 InGaAs 光吸収層 113 のバンドギャップより大きなバンドギャップを持つ n 型 InP キャップ層 114 を積層して、この n 型 InP キャップ層 114 の一部に p 型に転換された p 型領域 115 を設ける。そのために、InP のバンドギャップで制約される波長約 $0.92\ \mu\text{m}$ より長波長で、InGaAs のバンドギャップで制約される波長約 $1.67\ \mu\text{m}$ より短波長に対して、この半導体受光装置 101 は機能する。すなわち、実用的には約 $1.0\ \mu\text{m}$ から約 $1.6\ \mu\text{m}$ の波長に対して感度があり、従来の長距離伝送用の光通信で使用されている波長範囲を十分カバーできる特性を有する（例えば、特許文献 1 参照。）。

【0007】

近年、画像等の大容量の情報を伝送する要求がますます高まり、数 100 m から数 10 km の伝送が可能な高速ネットワークの規格が標準化されている。長距離伝送では、幹線系光通信技術等を基にしており、 $1.55\ \mu\text{m}$ 帯、 $1.3\ \mu\text{m}$ 帯の長波長帯を使い、短距離伝送では、短波長帯の $0.85\ \mu\text{m}$ 帯が使用される。これらの新しい光通信ネットワークの普及のために、規格にある長波長帯と短波長帯の両波長帯を受光できる一体化した半導体受光装置が望まれている。

【0008】

ところで、上記 InGaAs / InP 系の半導体受光装置では、短波長帯の受光感度は、その光入射側の表面に設けられた InP 窓層のバンドギャップ波長 0

． 92 μm によって制約を受けるため、短波長帯の 0.85 μm 帯を受光することができないという問題がある。

【0009】

この従来の問題を解決するために、I n P キャップ層の厚さを 0.1 μm 以下に薄くして、例えば 0.7～0.8 μm 帯の入射光の一部はこの I n P キャップ層で吸収されるものの、実用になる程度の光を通過させようとする半導体受光素子が提案されている（例えば、特許文献2 参照。）。

【0010】

しかしながら、この半導体受光素子では、暗電流が、バイアス電圧 5 V を越えると急激に大きくなる問題がある。

【0011】

また、I n P キャップ層に A s を微量ドーピングして、その格子定数を大きくすることにより、I n P キャップ層の光吸収係数を小さくして、入射光の吸収を減らすことによって、光吸収層へ到達する光量を増やして、結果として受光感度を高める受光素子が提案されている（例えば、特許文献3 参照。）。

【0012】

しかしながら、この受光素子では、受光感度は高まる傾向にあるものの、感度が不十分という問題がある。

【0013】

【特許文献1】

特開 2002-50785 号公報（第4 頁、図8）

【0014】

【特許文献2】

特開平 2-231775 号公報（第3、4 頁、第1 図）

【0015】

【特許文献3】

特許第 2860695 号明細書（第2、3 頁、第1 図）

【0016】

【発明が解決しようとする課題】

上述したように、特許文献1の半導体受光装置においては、 $0.9\mu\text{m}$ 以下の短波長帯の受光ができない問題があり、特許文献2の半導体受光素子は、暗電流が大きくなる問題があり、また特許文献3の受光素子は、受光感度が不十分という問題がある。

【0017】

本発明は、上記問題に鑑みてなされたもので、長波長帯から短波長帯まで受光でき、暗電流が低く、受光感度が高い半導体受光装置及びその製造方法を提供することを目的とする。

【0018】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために、本発明の一態様の半導体受光装置は、半導体基板の主面に選択的に形成され、且つ第1の波長帯の光とそれよりも短波長の第2の波長帯の光とを吸収する第1導電型の光吸収層と、前記光吸収層表面に積層形成され、且つ前記第1の波長帯の光を透過し、前記第2の波長帯の光を吸収する第1導電型のキャップ層と、前記キャップ層に選択的に形成された第2導電型の拡散層と、前記半導体基板の主面に前記キャップ層及び前記光吸収層と隣接して並設され、表面が凸形状の曲率を有し、且つ前記第2の波長帯の光を透過し、前記光吸収層に集光させる集光層とを有して、前記拡散層を透過した前記第1の波長帯の光と前記集光層を透過した前記第2の波長帯の光とを前記光吸収層に導入することを特徴とする。

【0019】

また、本発明の別の態様の半導体受光装置の製造方法は、半導体基板の主面に第1の波長帯の光及びそれよりも短波長の第2の波長帯の光を吸収する第1導電型の光吸収層と前記第1の波長帯の光に透明な第1導電型のキャップ層とをこの順序で選択的に積層形成する工程と、前記半導体基板の主面に前記光吸収層及び前記キャップ層の側面と隣接して並設され、前記第2の波長帯の光に透明な半導体層を形成する工程と、前記キャップ層に選択的に第2導電型の不純物を導入して第2導電型の拡散層を形成する工程と、前記拡散層表面に第1の反射防止膜を形成する工程と、前記拡散層に接続する第1の電極を形成し、前記半導体基板の主

面と対向する面に第2の電極を形成する工程と、前記半導体層表面を凸形状の曲率を有する曲面に形成して、前記第2の波長帯の光を前記光吸収層に集光させる集光層を形成する工程と、前記集光層表面に第2の反射防止膜を形成する工程とを有することを特徴とする。

【0020】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態について、図面を参照しながら説明する。

【0021】

(第1の実施の形態)

本発明の第1の実施の形態に係る半導体受光装置を図1乃至図3を参照して説明する。図1はその半導体受光装置を模式的に示す断面図、図2は半導体受光装置を模式的に示す平面図、そして、図3はその半導体受光装置の製造工程を模式的に示す断面図である。なお、図2の各構成要素は、強調すべき構成要素を相対的に大きく描いてある図1及び図3の構成要素の大きさと比較すると、比率が異なって表現されている。

【0022】

まず、図1に示すように、例えば、InGaAs/InP系の半導体受光装置1は、半導体基板である第1導電型のn型InP基板11の主面、例えば上面全面にn型InPバッファ層12が形成され、そのn型InPバッファ層12表面の一部にn型InGaAs光吸収層13が選択的に形成され、そのn型InGaAs光吸収層13表面にn型InPキャップ層14が積層形成されている。

【0023】

そして、このn型InPキャップ層14の所定領域にZn等のp型ドーパントを選択的に拡散することにより、第2導電型であるp型領域15が形成されて、長波長帯の光に対してこれを窓層とする受光部を構成している。また、このp型領域15表面に所定膜厚のSiN等からなる第1の反射防止膜18が形成されており、n型InPキャップ層14表面にSiN等からなる保護膜16が形成されている。

【0024】

一方、 n 型 InP バッファ層 12 表面の残部には、 GaAlAs 集光層 27 が n 型 InP キャップ層 14 及び n 型 InGaAs 光吸収層 13 と隣接して並置され、しかも、その n 型 InP キャップ層 14 及び n 型 InGaAs 光吸収層 13 の側面と接触して設けられている。また、この GaAlAs 集光層 27 は、短波長帯の入射光を n 型 InGaAs 光吸収層 13 に集光するための曲率を持った凸形状に成形され、その表面には例えば SiN 等からなる第 2 の反射防止膜 21 が形成されている。

【0025】

また、 n 型 InP バッファ層 12 の露出表面には、反射防止膜 21 と同様の材料からなる保護膜 22 が形成されている。

【0026】

そして、図 2 に示すように、 p 型領域 15（平面図には表示されない）の表面周辺部には、第 1 の反射防止膜 18 設けたリング状の開口を介して、 Au を主成分とする p 側電極 19 が形成されており、この p 側電極 19 の一部分には、保護膜 16 上に延在した、ボンディングワイヤ等接続のためのボンディングパッド部を有する構造となっている。更に、 n 型 InP 基板 11 の主面と対向する面、例えば、下面には、 Au を主成分とする n 側電極 20（平面図には表示されない）が形成されている。

【0027】

ここでは、第 1 の反射防止膜 18 の径である受光径は例えば $30\ \mu\text{m}$ であり、それを取り巻くリング状の p 側電極の幅は例えば $5\ \mu\text{m}$ であり、また、その外側にあるリング状の第 2 の反射防止膜 21 の平面図上の幅は例えば $5\ \mu\text{m}$ である。

【0028】

次に、上記構造の半導体受光装置の製造方法について、図 3 を参照して説明する。まず、図 3（a）に示すように、キャリア濃度 $1\sim 7\text{E}18/\text{cm}^3$ の n 型 InP 基板 11 を、例えば MOCVD 装置内に載置し、その表面全面にキャリア濃度 $1\sim 5\text{E}18/\text{cm}^3$ 、膜厚 $2\sim 3\ \mu\text{m}$ の n 型 InP バッファ層 12 を成長させ、次に、格子整合されたキャリア濃度 $0.8\sim 2\text{E}15/\text{cm}^3$ 、膜厚約 $1\ \mu\text{m}$ の n 型 InGaAs 光吸収層 13 を成長させた後、キャリア濃度 $1\sim 5\text{E}1$

5/cm³、膜厚約3 μmのn型InPキャップ層14を順次成長させる。その後、MOCVD装置から成長済みのn型InP基板11を取り出して、n型InPキャップ層14の、pn接合及びボンディングパッド形成予定領域を含む所定表面部をフォトリソスト31でマスクして、例えばHCl系の薬液あるいはドライエッチング法を用いて、露出したn型InPキャップ層14及びn型InGaAs光吸収層13部分をn型InPバッファ層12に到達する深さまで、選択的にエッチング除去する。

【0029】

次に、図3(b)に示すように、フォトリソスト31を除去し、その後の所定表面部に、例えばSiO₂マスク32を形成する。そして、例えば、再びMOCVD装置内に載置し、n型InPバッファ層12の露出面上にn型InPキャップ層14の表面と同一面をなし、且つn型InPキャップ層14及びn型InGaAs光吸収層13の側面と接するようにGaAlAs層26を選択的に成長させる。そして、MOCVD装置から取り出して、SiO₂マスクをエッチング除去する。

【0030】

次に、図3(c)に示すように、例えばSiNからなる保護膜16を、周知のCVD法等により、n型InPキャップ層14及びGaAlAs層26表面に形成した後、n型InPキャップ層14のpn接合の形成予定領域にドライエッチング法等で開口部を設けて、周知の熱拡散法によりp型ドーパントであるZnをn型InPキャップ層14表面から選択的に拡散して、p型領域15を形成する。このZnの拡散は、pn接合面がn型InGaAs光吸収層13に到達した直後で止まるように行う。

【0031】

その後、図3(d)に示すように、例えば、SiNからなる第1の反射防止膜18をp型領域15及び保護膜16の表面に堆積した後、第1の反射防止膜18に開口を設け、次に、例えばパターンニングされたリフトオフマスク等を使用して、Auを主とする導電性膜を蒸着法等で堆積し、p側電極19以外の導電性膜はリフトオフマスクとともに除去して、p型領域15に接続したp側電極19を形

成する。この p 側電極 19 は、例えば、径 $30\ \mu\text{m}$ の第 1 の反射防止膜 18 の回りに p 型領域 15 に接触するようにリング状に形成され、そのリング状の一部に保護膜 16 上に延在するボンディングパッド部を有する構造に形成されている。

【0032】

この後、n 型 InP 基板 11 の裏面を機械的、化学的研磨法等で n 型 InP 基板 11 の厚さを $120\sim 200\ \mu\text{m}$ になるまで研磨除去して、最終的には鏡面に仕上げる。そして、Au を主とする導電性膜を蒸着等で形成して、熱処理を行って、n 側電極 20 を形成する。この熱処理によって、両側の電極のオーミック接触が形成される。

【0033】

そして、p 側電極 19 を含む第 1 の反射防止膜 18 及び保護膜 16 の表面全体に例えばフォトリソグリス 33 を塗布し、p 型領域 15 を挟んで n 型 InP キャップ層 14 とは反対側に約 $5\ \mu\text{m}$ 離れた位置から外側面までの GaAlAs 層 26 の領域表面上のフォトリソグリス 33 を開口した後、このフォトリソグリス 33 をマスクとして、破線で示す露出した保護膜 16、GaAlAs 層 26 をドライエッチング法等で表面に垂直方向に順次除去し、その後、フォトリソグリス 33 を除去する。

【0034】

次に、図 3 (e) に示すように、例えばフォトリソグリス 34 をマスクにして、GaAlAs 層 26 上の保護膜 16 を除去して、GaAlAs 層 26 を露出させる。

【0035】

次に、フォトリソグリス 34 をマスクにして GaAlAs 層 26 を例えば硫酸系の薬液による等方性のエッチングによりエッチングすると、角に近い部分ほど速くエッチングされるので表面が凸形状の曲率を有する曲面、すなわちレンズ状の断面形状に成形された GaAlAs 集光層 27 が形成される。なお、エッチング条件によって、曲率等が変化するが、所望の形状を得るために、GaAlAs 層 26 の膜厚を予め厚めあるいは薄めに成長させることは差し支えない。

【0036】

この後、第1の反射防止膜18、p側電極19、保護膜16等からなる部分を例えばフォトリソ（図示略）でカバーして、レンズ状のGaAlAs集光層27表面に所定の厚さのSiN等の第2の反射防止膜21を形成するとともに、n型InPバッファ層12上にSiN等の保護膜22を形成して、フォトリソとフォトリソ上のSiNを除去することにより、図1に示すような半導体受光装置1を作製する。

【0037】

上述した本実施の形態の半導体受光装置1によれば、n型InGaAs光吸収層13を共有しながら、p型領域15を通して長波長帯の光及びGaAlAs集光層27を通して短波長帯の光をそれぞれ入射することができる構造となっている。

【0038】

即ち、図1に示すように、長波長帯の光に対しては、図中の矢印に示すように、例えば、n型InP基板11にほぼ垂直な方向から、第1の反射防止膜18及びp型領域15を通して光を入射することができる。この入射光はp型領域15を通過して、n型InGaAs光吸収層13で吸収されて、光を電気に変換する。この部分は、従来の長波長帯のInGaAs/InP系の半導体受光装置と全く同じである。

【0039】

一方、波長 $0.85\mu\text{m}$ の短波長帯では、図中の矢印に示すように、例えばn型InP基板11に垂直な方向から数10度傾斜させた方向から、第2の反射防止膜21に光を入射させることができる。更に、入射光はGaAlAs集光層27を通過して、n型InGaAs光吸収層13で吸収されて、光を電気に変換する。GaAlAs集光層27は、GaとAsの組成比により、バンドギャップが変化するが、例えば、バンドギャップ波長を $0.75\mu\text{m}$ に設定しておけば、 $0.85\mu\text{m}$ の短波長は吸収されることなく通過して、n型InGaAs光吸収層13に送ることができる。GaAlAs集光層27表面はレンズ状に加工されているために、集光することができ、入射光を効率良くn型InGaAs光吸収層13に送ることができ、必要な変換効率を確保できる。

【0040】

そして、長波長帯の光に対して、p型領域15は通常の表面再結合を防止する窓層として機能する。すなわち、n型InGaAs光吸収層13で発生した少数キャリアが表面再結合の影響を受けて効率が落ちることを防止して従来の高い効率を維持できる。

【0041】

更に、キャップ層または窓層の膜厚が薄いと電界が高くなり暗電流が増加するという問題が発生する場合があるが、p型領域15は十分な膜厚を持っているので、高い電界がかかることはなく暗電流が増加するという問題は発生しない。また、pn接合は従来と同じ構造であり接合面積が増加することもないので接合容量が増加することはなく、従って10Gbpsの伝送速度を維持できる。

【0042】

一方、短波長帯の光に対して、光がn型InGaAs光吸収層13に入射してキャリアが発生した後は、上記長波長帯の光の場合と全く同じ作用効果が期待できる。すなわち、この場合も、p型領域15はn型InGaAs光吸収層13で発生した少数キャリアが表面再結合することを防止し、その影響で効率が落ちることを抑制するので高い効率を維持できる。

【0043】

また、本実施の形態の半導体受光装置の受光径、マウント形状等は従来の半導体受光装置と同様であるため、従来の半導体受光装置を置き換えて使用することができる。また、n型InP基板の主面側からの入射光で、短波長帯の光と長波長帯の光とを受けることができるので、この半導体受光装置のマウント位置等を波長帯によって変更しなくても使用できる。

【0044】

(第2の実施の形態)

本発明の第2の実施の形態に係る半導体受光装置を図4を参照して説明する。図4は、第1の実施の形態の図1に対応する半導体受光装置を模式的に示す断面図であり、第1の実施の形態と同一構成部分には同一の符号を付して、その説明は省略し、異なる構成部分について説明する。

【0045】

本実施の形態の半導体受光装置 2 が第 1 の実施の形態と異なる点は、n 型 InP バッファ層 12 と GaAlAs 集光層 15 との間に、それら層の格子定数の中間の格子定数を有する例えば InAlAs 中間層 25 を形成したことにある。

【0046】

即ち、図 4 に示すように、第 1 導電型の n 型 InP 基板 11 表面上の n 型 InP バッファ層と GaAlAs 集光層 27 との間に、InAlAs 中間層 25 を、例えば厚さ約 $0.1\ \mu\text{m}$ に形成している。この InAlAs 中間層 25 は、n 型 InP バッファ層 12 における格子定数、例えば約 $0.587\ \text{nm}$ と GaAlAs 集光層 27 における格子定数、例えば約 $0.566\ \text{nm}$ との中間の格子定数、例えば $0.575\ \text{nm}$ を有している。

【0047】

次に、半導体受光装置 2 の製造方法は、図 3 (a) に示す第 1 の実施の形態の工程が終了した後、図 3 (b) に示す工程において、n 型 InP 窓層 14 と n 型 InGaAs 吸収層 13 を選択的にエッチング除去し、フォトレジスト等を除去した後、フォトレジスト除去後の n 型 InP キャップ層 14 表面に、例えば SiO₂ マスク 32 を形成する。そして、例えば、再び MOCVD 装置内に載置し、露出された n 型 InP バッファ層 12 表面上に、格子定数が n 型 InP バッファ層 12 の約 $0.587\ \text{nm}$ と GaAlAs 層 26 の約 $0.566\ \text{nm}$ の中間にある格子定数 ($0.575\ \text{nm}$) を有する InAlAs 中間層 25 を厚さ約 $0.1\ \mu\text{m}$ 成長させる。更に、その InAlAs 中間層 25 表面上に GaAlAs 層 26 を n 型 InP 窓層 14 の表面と同一平面をなし、且つ n 型 InGaAs 吸収層 13 及び n 型 InP キャップ層 14 の側面と接するように選択的に成長させる。そして、MOCVD 装置から取り出して、SiO₂ マスク 32 をエッチング除去する。

【0048】

その後は、第 1 の実施の形態の図 3 (c) 以降の工程に従って、第 1 の実施形態と同様の工程を経て図 4 に示すような半導体受光装置 2 を作製する。

【0049】

上述した第2の実施の形態の半導体受光装置2によれば、第1の実施の形態と同様の作用効果を有する他に、格子定数が下地のn型InPバッファ層12とGaAlAs集光層27の間にあるInAlAs中間層25を、これらの間に挿入することによって、格子不整合による歪を緩和できる。従って、GaAlAs集光層27の結晶欠陥等の低減が可能となるため、光の透過率を向上させたり、凸形状のレンズを作製する時に、異常な表面の荒れ等を防ぐことができる。

【0050】

本発明は、上述した第1及び第2の実施の形態に限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲内で、種々、変形して実施することができる。

【0051】

例えば、所望の波長の光が、材料のバンドギャップ波長より長波側か、短波側かによって、吸収または透過が決まるので、 $0.8 \sim 0.9 \mu\text{m}$ 帯の短波長帯の光を集光する材料として、本実施の形態ではGaAlAs系を使用した。しかしながら、バンドギャップによる制約を回避できる材料として、他に、InAlAs、InAlP、InGaP等が考えられる。また、格子整合を取るために、格子定数が集光層と下地層との中間にあたる材料からなる層を挿入する方法を例示したが、化合物の3族組成を、例えばMOCVD成長時に、グレーディッドに変化させて、格子定数差を緩和することも有効である。

【0052】

また、本実施の形態では、n型InP基板の上に、全面にバッファ層、光吸収層及びキャップ層を形成し、エッチング除去した後、短波長帯の光を透過する集光層等を成長させたが、n型InP基板の上に、例えばSiO₂等からなるマスクをして、まず、バッファ層、光吸収層及びキャップ層を選択的に成長させ、次に、キャップ層の上に例えばSiO₂等からなるマスクをして、中間層及び集光層を選択的に成長させてもよい。更に、バッファ層まではInP基板の全面に成長させ、バッファ層より上の層の成長において、例えばSiO₂マスク等を使用して選択成長させてもよい。

【0053】

また、本実施の形態では、光通信用の長波長帯の $1.3 \mu\text{m}$ 、 $1.55 \mu\text{m}$ の

光と、短波長帯の $0.85\ \mu\text{m}$ の光を想定した例を示したが、波長のより短い $0.78\ \mu\text{m}$ 帯や $0.65\ \mu\text{m}$ 帯等の波長に感度を有する半導体受光装置においても、本実施の形態の半導体受光装置の考え方を適用できることは言うまでもない。また、本発明をアバランシェ・フォトダイオードに適用しても、長波長帯、短波長帯等の光に対して、フォトダイオードで得られた効果が同様に得られることは言うまでもない。

【0 0 5 4】

【発明の効果】

本発明によれば、長波長帯から短波長帯まで受光でき、暗電流が低く、受光感度が高い半導体受光装置及びその製造方法を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明の第 1 の実施の形態に係る半導体受光装置を模式的に示す断面図。

【図 2】 本発明の第 1 の実施の形態に係る半導体受光装置を模式的に示す平面図。

【図 3】 本発明の第 1 の実施の形態に係る半導体受光装置の製造工程を模式的に示す断面図。

【図 4】 本発明の第 2 の実施の形態に係る半導体受光装置を模式的に示す断面図。

【図 5】 従来の半導体受光装置を模式的に示す断面図。

【符号の説明】

- 1、2、1 0 1 半導体受光装置
- 1 1、1 1 1 n 型 I n P 基板
- 1 2、1 1 2 n 型 I n P バッファ層
- 1 3、1 1 3 n 型 I n G a A s 光吸収層
- 1 4、1 1 4 n 型 I n P キャップ層
- 1 5、1 1 5 p 型領域（拡散層）
- 1 6、2 2、1 1 6 保護膜
- 1 8 第 1 の反射防止膜

1 9、1 1 9 p 側電極

2 0、1 2 0 n 側電極

2 1 第 2 の反射防止膜

2 5 I n A l A s 中間層

2 6 G a A l A s 層

2 7 G a A l A s 集光層

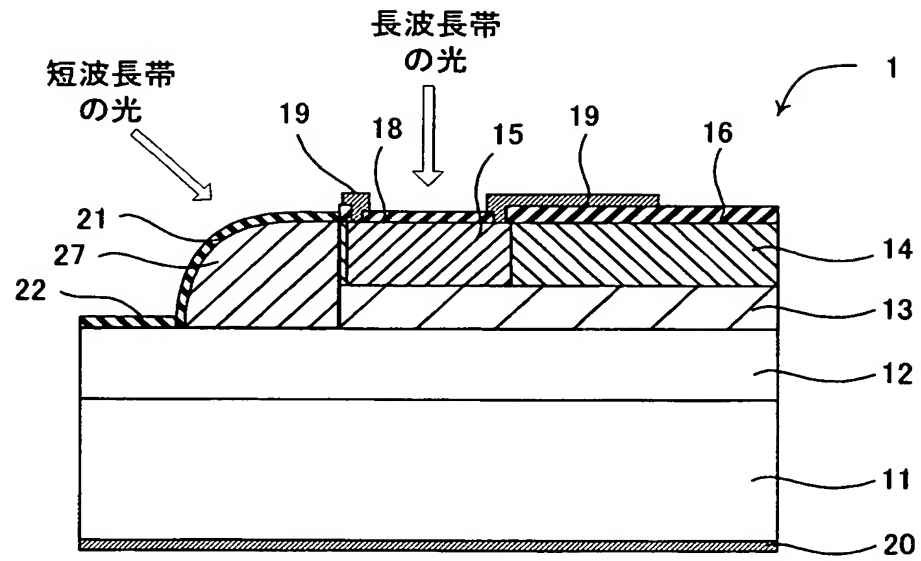
3 1、3 3、3 4 フォトレジスト

3 2 S i O 2 マスク

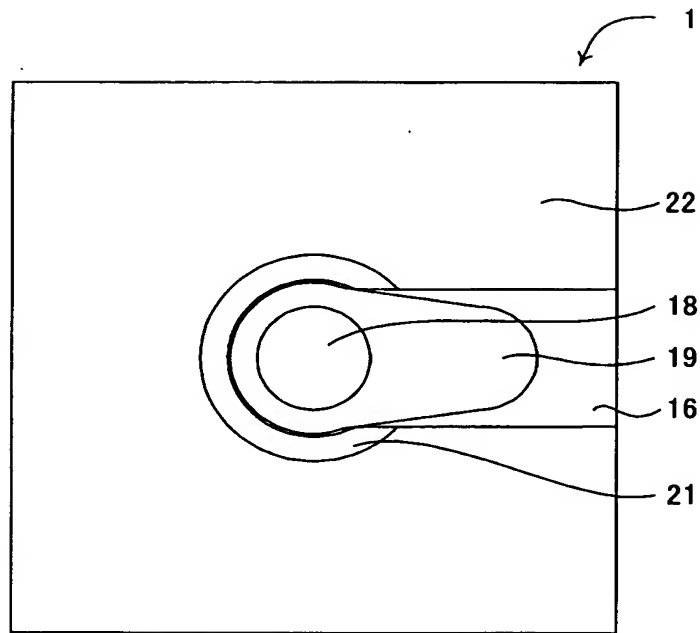
1 1 8 反射防止膜

【書類名】 図面

【図 1】

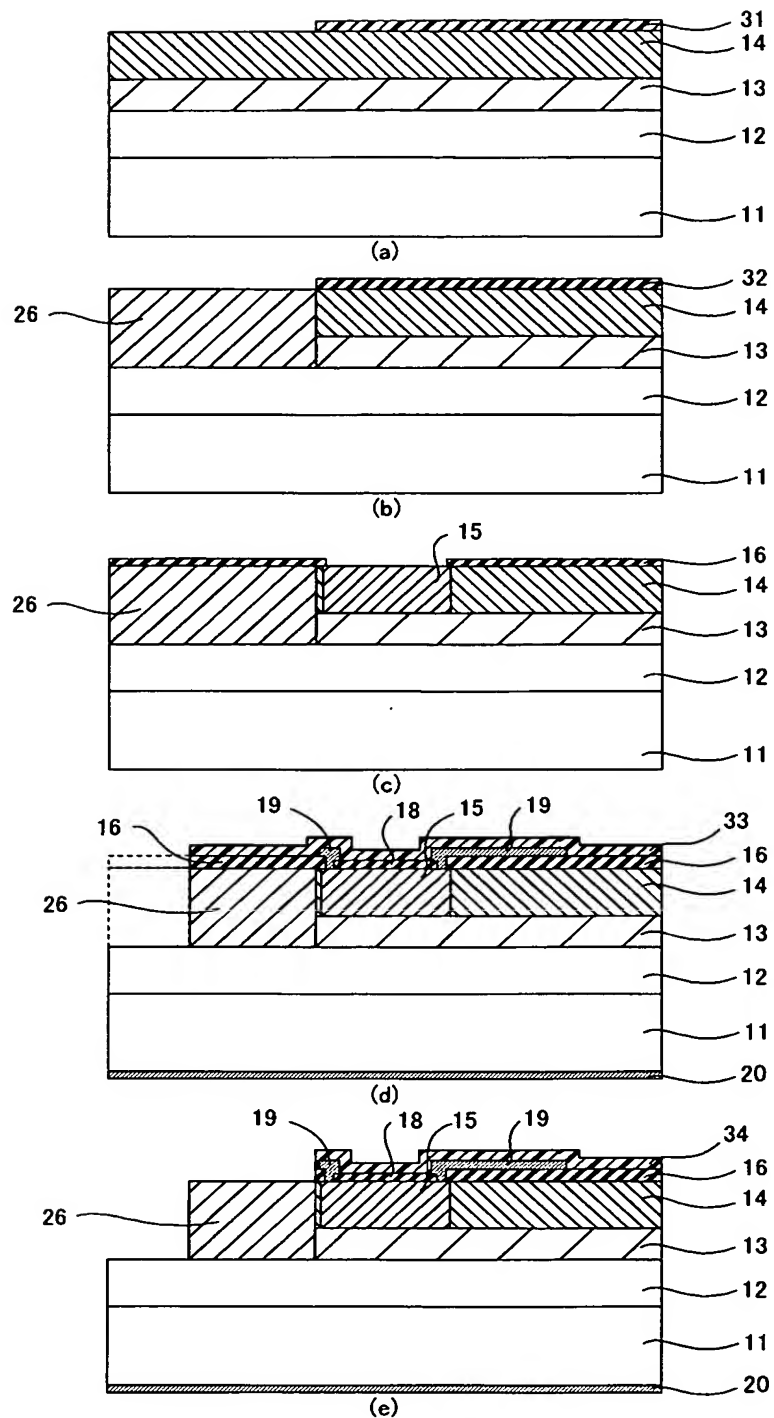


【図2】



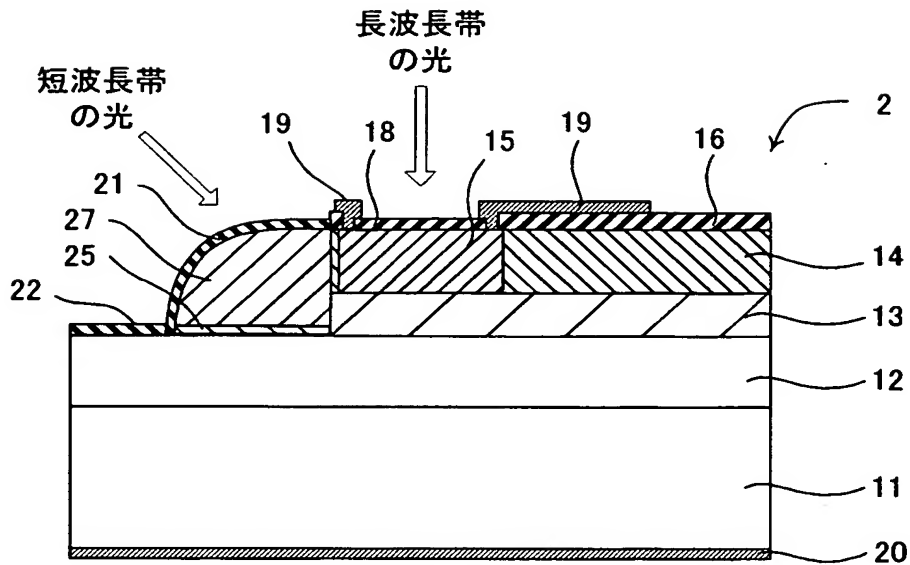
1:半導体受光装置 11:n型InP基板 12:n型InPバッファ層
13:n型InGaAs光吸収層 14:n型InPキャップ層 15:p型領域
16、22:保護膜 18:第1の反射防止膜 19:p側電極 20:n側電極
21:第2の反射防止膜 27:GaAlAs集光層

【図 3】



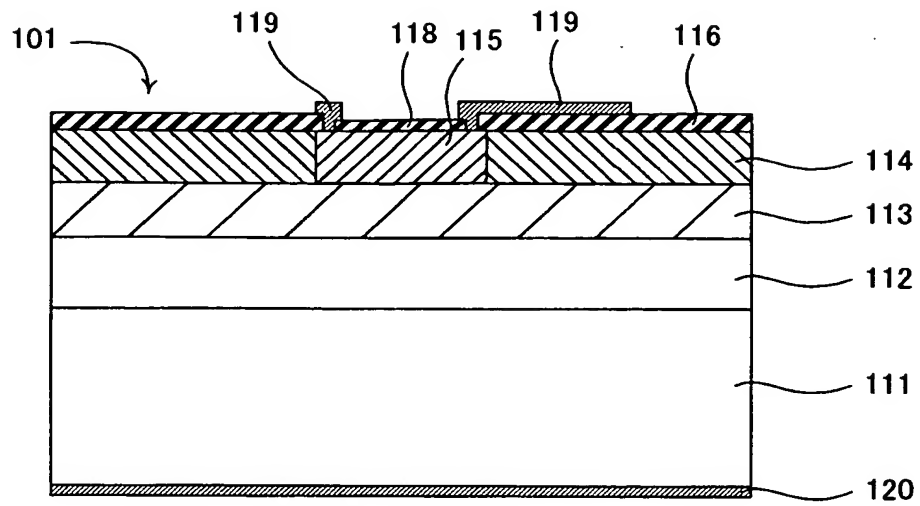
11:n型InP基板 12:n型InPバッファ層 13:n型InGaAs光吸収層
 14:n型InPキャップ層 15:p型領域 16:保護膜 18:第1の反射防止膜
 19:p側電極 20:n側電極 21:第2の反射防止膜 26:GaAlAs層
 31、33、34:フォトリソグ 32:SiO₂マスク

【図4】



2: 半導体受光装置 11: n型InP基板 12: n型InPバッファ層
 13: n型InGaAs光吸収層 14: n型InPキャップ層 15: p型領域
 16、22: 保護膜 18: 第1の反射防止膜 19: p側電極 20: n側電極
 21: 第2の反射防止膜 27: GaAlAs集光層

【図 5】



101: 半導体受光装置 111: n型InP基板 112: n型InPバッファ層
113: n型InGaAs光吸収層 114: n型InPキャップ層 115: p型領域
116: 保護膜 118: 反射防止膜 119: p側電極 120: n側電極

【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 長波長帯から短波長帯まで受光でき、暗電流が低く、受光感度が高い半導体受光装置及びその製造方法を提供する。

【解決手段】 半導体基板 11 の主面に選択的に第1の波長帯の光とそれより短波長の第2の波長帯の光とを吸収する第1導電型の光吸収層 13 を形成し、この光吸収層 13 表面に第1の波長帯の光を透過し、第2の波長帯の光を吸収する第1導電型のキャップ層 14 を積層形成し、このキャップ層 14 に第2導電型の拡散層 15 を選択的に形成している。そして、半導体基板 11 の主面に表面が凸形状の曲率を有し、且つ第2の波長帯の光を透過し、光吸収層 13 に集光する集光層 27 を、光吸収層 13 及びキャップ層 14 と隣接して並設する。これにより、キャップ層 14 を透過した第1の波長帯の光と集光層 27 を透過した第2の波長帯の光とを光吸収層 13 に導入する。

【選択図】 図 1

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2 0 0 3 - 1 1 0 2 5 1
受付番号	5 0 3 0 0 6 2 1 7 5 3
書類名	特許願
担当官	第五担当上席 0 0 9 4
作成日	平成 1 5 年 4 月 1 6 日

< 認定情報・付加情報 >

【提出日】	平成15年 4月15日
-------	-------------

次頁無

特願 2 0 0 3 - 1 1 0 2 5 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [0 0 0 0 0 3 0 7 8]

1. 変更年月日	2 0 0 1 年 7 月 2 日
[変更理由]	住所変更
住 所	東京都港区芝浦一丁目 1 番 1 号
氏 名	株式会社東芝